Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 17, No. 4, Oct- Nov 2021, p. 659-672

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۷، شماره ۴، مهر- آبان ۱۴۰۰، ص. ۶۷۲-۶۵۹

مقاله پژوهشی

# بررسی اثر آنتی‌اکسیدانی عصاره گیاه چویل (*Ferulago angulata*) بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی چیپس سیب‌زمینی و روغن حاصل از آن طی زمان ماندگاری

**عاطفه ایران‌خواه[۱]- لیلا ناطقی[۲*]- سیمین اسداللهی[۳]**

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۵/۱۲

## چکیده

امروزه برای کاهش اکسیداسیون روغن‌ها و مواد غذایی چرب و جلوگیری از کاهش ارزش تغذیه‌ای و خصوصیات حسی روغن‌های خوراکی از آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی استفاده می‌شود. با توجه به عوارض نامطلوبی که مصرف آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی دارند، استفاده از آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی ضروری به‌نظر می‌رسد. عصاره چویل یک منبع طبیعی از آنتی‌اکسیدان است که علاوه بر افزایش عطر و طعم، به افزایش عمر نگهداری محصول کمک می‌کند. هدف این پژوهش بررسی اثر آنتی‌اکسیدانی عصاره گیاه چویل (*Ferulago angulata*) بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی چیپس سیب‌زمینی و روغن حاصل از آن طی زمان ماندگاری است. گیاه چویل از بازار محلی شهرستان سرپل ذهاب در استان کرمانشاه خریداری شد و با استفاده از عمل خیساندن و حلال اتانول ۹۶ درصد و با دستگاه تقطیر استخراج گردید. ورقه‌های نازک سیب زمینی در روغن‌های حاوی ppm ۱۰۰۰، ۲۰۰۰، ۳۰۰۰ و۴۰۰۰ عصاره چویل و روغن حاوی ppm ۱۰۰ آنتی‌اکسیدان سنتتیک TBHQ در دمای ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۹ دقیقه سرخ شدند. قدرت مهار رادیکال‌های آزاد DPPH، میزان ترکیبات فنلی کل و ارزیابی حسی بر چیپس سیب‌زمینی و آزمون‌های پراکسید، اسیدیته و تیوباربیتوریک‌اسید روی روغن حاصل از سرخ‌کردن چیپس‌های سیب‌زمینی در طی زمان‌های ۱، ۱۵ و ۳۰ روز نگهداری مورد ارزیابی قرارگرفت. نتایج به‌دست آمده نشان داد که استفاده از عصاره گیاه چویل و افزایش غلظت آن باعث افزایش قدرت آنتی‌اکسیدانی در مهار رادیکال‌های آزاد DPPH و ترکیبات فنلی کل و کاهش میزان پراکسید، اسیدیته و تیوباربیتوریک اسید گردید، به‌طوری که کمترین میزان عدد پراکسید، اسیدیته و تیوباربیتوریک اسید و بیشترین میزان ترکیبات فنلی کل در تیمار حاوی ppm ۴۰۰۰ عصاره چویل مشاهده گردید. نتایج نشان داد با استفاده از عصاره چویل تا غلظت ppm ۲۰۰۰ در روغن جهت سرخ کردن چیپس سیب‌زمینی امتیاز رنگ، بو، مزه و پذیرش کلی چیپس سیب‌زمینی نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد استفاده از عصاره چویل در روغن‌ها، علاوه بر افزایش خواص خواص ارگانولپتیکی در مواد غذایی می‌تواند خواص آنتی‌اکسیدانی مطلوب و قابل مقایسه با آنتی‌اکسیدان‌های سنتتیک مانند TBHQ در روغن‌ها نشان دهد.

**واژه های کلیدی:** عصاره گیاه چویل، چیپس سیب زمینی، اکسیداسیون چربی، آنتی‌اکسیدان

## مقدمه

چیپس سیب‌زمینی یک میان وعده محبوب در بین تمامی گروه‌های سنی است که دلیل محبوبیت آن تغییراتی است که در خواص فیزیکی و حسی چیپس سیب‌زمینی طی فرآیند سرخ‌کردن رخ می‌دهد (Pedreschi *et al*., 2007). از آنجایی که در فرآیند سرخ کردن عمیق چیپس، میزان چربی از ۰/۱ درصد اولیه در سیب زمینی خام به ۴۰ درصد در چیپس آماده می‌رسد، ایجاد و توسعه بدطعمی و تندی در نتیجه اکسیداسیون روغن در طی نگهداری چیپس، یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده کیفی آن محسوب می‌شود. از این جهت اکسیداسیون به عنوان یکی از دلایل اصلی فساد شیمیایی چیپس مطرح است که نتیجه آن تندی، بد طعمی، افت کیفیت تغذیه ای، رنگ، بافت و سلامت چیپس است (Manral *et al*., 2008). بیشترین فرآیندهای تخریبی واکنش‌های اکسیداسیون تجزیه محصولات حاصل از اکسیداسیون هستند که باعث افت کاهش ارزش‌غذایی و افت کیفیت حسی می‌شوند. به تعویق انداختن این فرآیندهای اکسیداسیون برای تولیدکنندگان محصولات‌غذایی مهم و حیاتی است. یکی از روش‌های حفاظت در برابر اکسیداسیون، استفاده از افزودنی‌های خاصی است که از اکسیداسیون جلوگیری می‌کند که به آن‌ها بازدارنده‌های اکسیداسیونی یا آنتی‌اکسیدان گفته می‌شود. این بازدارنده‌ها موادی با ساختارهای شیمیایی مختلف و مکانیسم‌های فعالیت گوناگون هستند. مهم‌ترین و بیشترین مکانیسم

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانشجو کارشناسی‌ارشد، دانشیار و استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد ورامین-پیشوا، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران.
(* - نویسنده مسئول: Email: leylanateghi@yahoo.com)

DOI: 10.22067/ifstrj.v17i4.76428

آن‌ها واکنش با رادیکال‌های آزاد به شکل غیرفعال کردن محصولات آن‌ها می‌باشد (Pokorny *et al*.,2001) .

اکسایش چربی‌ها و روغن‌ها طی فراوری و نگهداری غذاها علاوه بر از دست‌رفتن کیفیت تغذیه‌ای غذا باعث تولید رادیکال‌های آزاد می‌شود که این ترکیبات منجر به واکنش‌های نامطلوب شیمیایی و بیولوژیکی می‌شود (Ahmadi *et al*., 2007) . رادیکال‌های آزاد، اتم‌ها یا مولکول‌هایی با الکترون جفت نشده هستند که قادر به وارد کردن آسیب به مولکول‌های زیستی بدن هستند و منجر به بروز بیماری‌های مختلف می‌شود. اثر زیان بار رادیکال‌های آزاد را می‌توان توسط مواد آنتی‌اکسیدانی کاهش داد (Thomas, 2000).

آنتی‌اکسیدان‌ها ترکیبات شیمیایی هستند که با به تأخیر انداختن زمان شروع اکسایش لیپیدها پایداری اکسیداتیو آن‌ها را افزایش و مدت ماندگاری آن‌ها را طولانی‌تر می‌کنند. آنتی‌اکسیدان‌ها با مهار و یا ایجاد وقفه در فرآیند تشکیل و انتشار رادیکال‌های آزاد از اکسایش خودبخودی چربی‌ها ممانعت می‌کنند. آنتی‌اکسیدان‌ها برای اولین بار در جنگ جهانی دوم برای نگهداری غذاها استفاده شدند. آنتی‌اکسیدان‌های اولیه از مواد طبیعی به‌دست می‌آمدند ولی بعدها با انواع سنتزی جایگزین شدند. پس از مدتی افزایش استفاده از این آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی توسط مصرف‌کنندگان مورد اعتراض واقع شد و مصرف‌کنندگان خواستار جایگزین‌کردن این افزودنی‌های سنتزی با انواع طبیعی آن بودند (Pokorny *et al*.,2001). امروزه درصنعت از آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی برای به تاخیر انداختن اکسیداسیون چربی‌ها استفاده می‌شود اما به دلیل اثرات نامطلوب تغذیه‌ای و سرطان‌زا بودن این ترکیبات و نیز تمایل مصرف‌کنندگان به استفاده از ترکیبات طبیعی، استفاده از آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی مورد توجه محققین قرار گرفته است. یکی از بهترین منابع آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی، ترکیبات فنلی موجود درگیاهان است . (Frankel, 1991)

گیاه چویل (*Ferulagu angulata*) یکی از گیاهان مهم دارویی ایران و از خانواده چتریان است. به علت داشتن خاصیت آنتی‌اکسیدانی و ضدمیکروبی از این گیاه به‌عنوان نگهدارنده و افزودنی در غذا استفاده می‌شود (مظفریان، ۱۳۷۹). گیاه چویل دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی است و در سیستم‌های غذایی با باندکردن رادیکال‌های آزاد از اکسید شدن چربی‌ها جلوگیری می‌کنند. در بین آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی موجود در گیاهان، ترکیبات فنولی بیشتر از همه وجود دارند و به‌خاطر ویژگی‌های احیاکنندگی و ساختار خود نقش مهمی در به دام‌انداختن رادیکال‌های آزاد، فلزات واسطه و حذف اکسیژن یگانه دارند (Khanahmadi & Janfeshan, 2006; O'Brien, 2004). ماسوری (۱۳۹۵) ، اثرات آنتی‌اکسیدانی اسانس گیاه چویل استخراج شده توسط ماکروویو را بر ماندگاری روغن کنجد بررسی کرد. نتایج نشان داد که همه غلظت‌های اسانس چویل به‌طور معناداری قادر به کاهش سرعت اکسیداسیون روغن کنجد بود و با افزایش غلظت اسانس، فعالیت آنتی‌اکسیدانی نیز افزایش یافت. همچنین این اسانس قادر به کاهش میزان رادیکال‌های آزاد است و می تواند به‌عنوان منبع مناسبی از آنتی‌اکسیدان طبیعی در موادغذایی استفاده شود. بهترین غلظت اسانس چویل برای حفظ روغن در برابر اکسیداسیون و حفظ طعم در غلظت ۰/۰۵ درصد بود. همتی (۱۳۹۶)، به بررسی مقایسه‌ای تاثیر روش‌های خشک کردن بر خصوصیات کمی و کیفی اسانس اندام هوایی گیاه چویل و ارزیابی تاثیر آن بر پایداری اکسایشی روغن سویا در شرایط انبارش تسریع شده پرداخت. نتایج به‌دست آمده نشان داد که بیشترین راندمان عصاره‌گیری و قدرت ضداکسایشی مربوط به نمونه خشک شده به روش انجمادی است و همچنین اسانس گیاه چویل به‌دست آمده به روش خشک کردن انجمادی قابلیت رقابت با آنتی‌اکسیدان سنتزی TBHQ[1] را دارد. صادقی و همکاران (۲۰۱۶) تاثیر اسانس گیاه چویل را بر تثبیت روغن سویا در زمان ذخیره‌سازی بررسی کردند. شاخص فعالیت آنتی‌اکسیدانی، میزان اسید چرب آزاد، عدد پراکسید و عدد آنیزیدین در نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. نتایج نشان دادند که اسانس چویل دارای خواص آنتی‌اکسیدانی قوی می‌باشد و می‌تواند به جای آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی مثل TBHQ استفاده شود. علیزاده و همکاران (۲۰۱۹) اثرات توکروفرول، اسانس رزماری و عصاره چویل را بر پایداری اکسیداتیو سس مایونز در دوره نگهداری آن بررسی کرد. در اکسیداسیون اولیه، توکروفرول کارایی بیشتری نسبت به بقیه آنتی‌اکسیدان‌ها داشت ولی در اکسیداسیون ثانویه، کارایی توکروفرول مشابه آنتی‌اکسیدان‌های دیگر بود. بر اساس نتایج اسانس توکروفرول و رزماری می‌توانند جایگزینی برای آنتی‌اکسیدان سنتزی TBHQباشد.

هدف از مطالعه حاضر، استفاده از عصاره گیاه چویل به‌عنوان جایگزینی برای آنتی‌اکسیدان‌های سنتتیک (TBHQ) متداول مورد استفاده در روغن به‌منظور کاهش و حذف مواد مصنوعی از محصولات غذایی و بالا بردن سطح سلامتی مصرف‌کنندگان با توجه به داشتن اثرات نامطلوب بسیاری از آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی بر سلامت مصرف کننده و ممنوع بودن استفاده از آن‌ها در اکثر کشورها می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

### تهیه عصاره گیاه چویل

گیاه چویل از بازار محلی شهرستان سرپل ذهاب در استان کرمانشاه خریداری شد. سپس توسط هرباریوم گیاهان دارویی دانشکده داروسازی دانشگاه تهران نام علمی آن به‌عنوان *Boiss*

1 Tertiary butyl hydro quinone

*Ferulago angulata (Schlechat)* متعلق به خانواده *Apiaceae* تایید گردید. جهت عمل عصاره‌گیری از عمل خیساندن و حلال اتانول ۹۶ درصد استفاده شد. بدین منظور ۱۰۰ گرم از برگ پودر شده گیاه چویل به دقت توسط ترازوی دیجیتال وزن شد. سپس جهت تهیه عصاره اتانولی به ارلن حاوی ۵۰۰ میلی‌لیتر اتانول ۹۶ درصد اضافه گردید. ارلن به مدت ۷۲ ساعت در دمای اتاق روی دستگاه هم‌زن مغناطیسی با سرعت ۱۵۰۰ دور در دقیقه (rpm) قرار گرفت تا استخراج عصاره به‌طور کامل انجام گیرد. سپس مخلوط حلال و گیاه توسط کاغذ صافی از هم جدا شدند. سپس تفاله را فشرده تا کاملا تخلیه شده و در نهایت عصاره اولیه به‌دست آمد. عصاره اولیه به مدت ۱۰ دقیقه در سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه (rpm) سانتریفیوژ شد. سپس عصاره حاصل وارد دستگاه تقطیر در خلاء (روتاری) شد و در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد حلال آن‌ها به مدت یک ساعت تبخیر و عصاره تغلیظ شده به‌دست آمد (طباطبائی یزدی و همکاران، ۱۳۹۳).

عصاره استخراج شده حاوی ۳/۷۵ میلی‌گرم اسیدگالیک بر گرم، فنل کل و ٪ ۱/۷۶ $IC_{50}$ بود. عصاره گیاه چویل در غلظت‌های ۱۰۰۰ppm، ۲۰۰۰، ۳۰۰۰ و۴۰۰۰ و آنتی‌اکسیدان سنتزی TBHQ با غلظت ۱۰۰ppm به روغن سرخ‌کردنی (مخلوطی از روغن‌های سوپر اولئین، سویا و آفتابگردان ) بدون آنتی‌اکسیدان در شیشه‌های تیره رنگ اضافه شد و یک نمونه روغن بدون آنتی‌اکسیدان تهیه شد.

### تهیه نمونه‌های چیپس سیب زمینی

سیب زمینی‌های واریته آگریا که از وزارت جهاد کشاورزی کرج تهیه شده را شسته، پوست‌گیری کرده و سپس با استفاده از دستگاه اسلایسر به ورقه‌هایی به ضخامت ۱/۳ میلی‌متر برش داده شدند و تا زمان سرخ کردن در آب غوطه‌ور شدند. ورقه‌های سیب‌زمینی بعد از مرحله آبگیری بلافاصله به دستگاه سرخ کن حاوی انواع روغن‌ها منتقل شده و به مدت ۹ دقیقه در دمای ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد سرخ شدند. سپس ورقه‌های سرخ شده در دمای اتاق خنک شدند. روغن حاصل از سرخ کردن در آون ۲۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. سپس در زمان‌های ۱، ۱۵ و ۳۰ روز پس از نگهداری روغن حاصل از سرخ کردن در آون ۲۰ درجه سانتی گراد، آزمون‌های عدد اسیدی، عدد پراکسید و عدد تیوباربیتوریک اسید بر روی روغن حاصل از سرخ کردن چیپس‌های سیب زمینی و آزمون‌های حسی و ترکیبات فنلی و DPPH بر روی چیپس سیب زمینی با سه تکرار انجام شد (صداقت بروجنی و همکاران،۱۳۹۳).

**جدول ۱- تیمارهای مورد بررسی در پژوهش حاضر**

| ردیف | تیمارها |
|---|---|
| ۱ | روغن سرخ کردنی بدون آنتی‌اکسیدان (شاهد) |
| ۲ | روغن سرخ کردنی بدون آنتی‌اکسیدان+ ۱۰۰۰ppm عصاره چویل |
| ۳ | روغن سرخ کردنی بدون آنتی‌اکسیدان+ ۲۰۰۰ppm عصاره چویل |
| ٤ | روغن سرخ کردنی بدون آنتی‌اکسیدان+ ۳۰۰۰ppm عصاره چویل |
| ٥ | روغن سرخ کردنی بدون آنتی‌اکسیدان+ ۴۰۰۰ppm عصاره چویل |
| ٦ | روغن سرخ کردنی + ۱۰۰ppm آنتی‌اکسیدان TBHQ |

### آزمون‌های انجام شده بر روغن حاصل از سرخ کردن چیپس‌های سیب‌زمینی

#### اندازگیری عدد پراکسید

بدین منظور، ۱ گرم از روغن در ۳۰ میلی‌لیتر از مخلوط اسید استیک ۹۶ درصد و کلروفرم محلول گردید. سپس ۰/۵ میلی‌لیتر محلول اشباع یدید پتاسیم به آن افزوده شد. ید آزاد شده با محلول تیوسولفات سدیم M ۰/۰۱ تیتر شد و قبل از رسیدن به نقطه پایانی تیتراسیون، حدود ۰/۵ میلی‌لیتر محلول نشاسته ۰/۰۱ به آن افزوده و تیتراسیون تا محو شدن رنگ آبی ادامه یافت. عدد پراکسید با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد (استاندارد ملی ۴۱۷۹، ۱۳۹۶).

$$(mEqo_2/kg) = 1000.N.V / W \qquad (۱)$$

N: غلظت محلول تیوسولفات سدیم
V: تفاضل حجم محلول تیوسولفات مصرفی
W: وزن نمونه (بر حسب گرم)

#### اندازه‌گیری عدد اسیدیته

بدین منظور مقدار ۳ گرم از روغن توزین وسپس ۳۰ میلی‌لیتر اتانول- بنزن خنثی شده و ۲ میلی‌لیتر معرف فنل فتالئین به آن افزوده شد. این ترکیب بامحلول سود N ۰/۱ تا پیدایش رنگ صورتی کمرنگ تیتر شده و مقدار آن با استفاده از رابطه ۲ محاسبه گردید (استاندارد ملی ۴۱۷۸، ۱۳۹۵).

$$(mg/g) = 28/2.N.V / W \qquad (۲)$$

N : نرمالیته سود مصرفی
V: حجم سود مصرفی (بر حسب میلی‌لیتر)
W: وزن نمونه روغن (بر حسب گرم)

**اندازه‌گیری عدد تیوباربیتوریک اسید**

۱ گرم از روغن حاصل از سرخ کردن چیپس در ۱۰ میلی‌لیتر تتراکلریدکربن حل شد و به آن ۱۰ میلی‌لیتر محلول اسید تیوباربیتوریک اضافه گردید، سپس به مدت ۵ دقیقه در سانتریفوژ با سرعت ۱۰۰۰ دور در دقیقه قرار داده شد، قسمت آبکی آن جدا شده و به مدت۳۰ دقیقه در حمام آب جوش قرار گرفت و پس از آن میزان جذب در طول موج ۵۳۲ نانومتر اندازه‌گیری شد (مهران، ۱۳۵۵). اندیس اسید تیوباربیتوریک بر اساس رابطه (۳) محاسبه شد:

$$E = e / d.a \qquad (۳)$$

e:جذب نوری اندازه گیری شده
d : ضخامت سل نوری
a : وزن نمونه بر حسب گرم

**آزمون‌های انجام شده بر چیپس سیب زمینی**

**آزمون DPPH[1] (روش احیاء رادیکال آزاد)**

۵۰ گرم از نمونه‌های چیپس با ۲۵ میلی‌لیتر متانول به مدت ۱۲ ساعت قرار داده شد. سپس مخلوط با کاغذ صافی واتمن صاف شد و سپس۳ میلی‌لیتر از آن به ۱/۲ میلی‌لیتر متانول و ۱/۵ میلی‌لیتر رادیکال پایدار دی فنیل پیکریل هیدرازیل (DPPH) اضافه شد. محلول حاصل در دمای اتاق به مدت ۹۰ دقیقه قرار داده شد و جذب آن در طول موج ۵۱۷ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری و از رابطه ۴ فاکتور بازدارندگی محاسبه گردید (Burits & Bucar, 2000).

$$I\% = (A_{blank} - A_{sample}) / A_{blank} \times 100 \qquad (۴)$$

$A_{blank}$ : جذب نمونه کنترل
$A_{sample}$ : جذب نمونه ی تست شده

**اندازه‌گیری مقدار کل ترکیب‌های فنلی**

ابتدا از نمونه‌های چیپس عصاره‌گیری شد. بدین ترتیب که از ۰/۵ گرم از نمونه‌های چیپس توسط تکان دادن گردابی با ورتکس مکانیکی (IKE، آلمان) ۵۰۰ دور در دقیقه به مدت ۴ ساعت با ۵۰ میلی‌لیتر متانول عصاره‌گیری شد. عصاره متانولی توسط کاغذ واتمن فیلتر و صاف شد و مایع رویی مورد آزمایش قرار گرفت. سپس میزان ترکیبات فنلی نمونه‌ها توسط معرف فولین‌سیوکالتو تعیین شد. بدین ترتیب که ۰/۵ میلی‌لیتر از عصاره چیپس و ۰/۱ میلی‌لیتر معرف فولین سیوکالتو در دمای اتاق به مدت ۱۵ دقیقه قرار داده شد. سپس ۲/۵ میلی‌لیتر سدیم کربنات اشباع اضافه‌شد و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق قرار گرفت. سپس شدت جذب با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۷۲۵ نانومتر پس از یک ساعت نگهداری در تاریکی خوانده شد. جهت رسم منحنی استاندارد از اسیدگالیک استفاده شد. بدین منظور ابتدا محلول‌های پایه‌ای از اسیدگالیک آماده و غلظت‌های مختلف ( ۱۰ تا ۱۰۰ میکروگرم در میلی‌لیتر) تهیه و منحنی استاندارد بر مبنای جذب در برابر غلظت رسم گردید. میزان کل ترکیبات پلی‌فنلی موجود در عصاره برحسب معادل اسیدگالیک و با استفاده از معادله به‌دست آمده از منحنی استاندارد محاسبه و نتایج بر حسب میلی‌گرم اسید گالیک در هر میلی‌لیتر عصاره بیان گردید (استاندارد ملی ۱۱۷، ۱۳۹۲).

$$T_P = A_2.C / A_1 \qquad (۵)$$

$T_P$: غلظت پلی فنلی کل نمونه بر حسب میلی گرم در دسی‌لیتر
C: غلظت گالیک اسید استاندارد بر حسب میلی گرم در دسی‌لیتر
$A_1$: جذب گالیک اسید استاندارد
$A_2$: جذب نمونه مجهول

**آزمون حسی**

آزمون حسی شامل ارزیابی ویژگی‌های بو، مزه و پذیرش کلی، با استفاده از روش هدونیک ۵ نقطه ای و توسط ۱۰ ارزیاب آموزش دیده و تخصصی در حوزه صنعت چیپس انجام شد. در این آزمون، امتیاز ۵ برای صفت بسیار خوب و امتیاز ۱ برای صفت بسیار ضعیف در نظر گرفته شد (دلوی و همکاران، ۱۳۹۱).

**تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها**

به منظور بررسی و مقایسه میانگین داده‌ها از آنالیز واریانس یکطرفه آزمون دانکن با سطح اطمینان ۹۵ درصد توسط نرم افزار مینی‌تب ۱۶ استفاده گردید.

## نتایج و بحث

### بررسی نتایج تغییرات پراکسید

عدد پراکسید به‌عنوان شاخص محصولات اولیه اکسیداسیون که هیدروپراکسیدها هستند، شناخته شده‌اند و نشان‌دهنده مراحل اولیه تغییرات اکسیداتیو در ماده غذایی است. بنابراین شاخص مهمی در تعیین فساد در محصولات چرب محسوب می‌شود و غلظت پراکسیدها و هیدروپراکسیدها را طی دوره نگهداری اندازه‌گیری

---

1 Diphenyl-picrylhydrazyl

می‌کند (Karakaya & Simsek, 2011). با توجه به نتایج جدول ۲ مشخص گردید که میزان پراکسید در طی دوره نگهداری در تمامی تیمارها افزایش پیدا کرده است. علت افزایش عدد پراکسید طی زمان نگهداری، می‌تواند مربوط به افزایش فساد اکسیداتیو باشد (عربستانی و همکاران، ۱۳۹۲). روند افزایش عدد پراکسید در تیمار حاوی آنتی‌اکسیدان سنتتیک و تیمارهای حاوی عصاره چویل با غلظت بالاتر، کندتر بود. افزودن عصاره چویل و افزایش غلظت آن باعث کاهش میزان پراکسید در نمونه‌های حاوی عصاره چویل گردیده است، به طوری که کمترین میزان پراکسید در روغن حاوی بالاترین میزان عصاره چویل (۴۰۰۰ ppm) مشاهده گردید که اختلاف معنی‌داری ($p\leq۰/۰۵$) با نمونه شاهد (روغن بدون آنتی‌اکسیدان) داشت. عصاره چویل در غلظت ۴۰۰۰ ppm در کاهش میزان پراکسید و اکسیداسیون روغن بهتر از آنتی‌اکسیدان سنتتیک TBHQ عمل کرد. علت کاهش عدد پراکسید با افزودن عصاره چویل و افزایش غلظت آن در روغن می‌تواند به دلیل تجزیه هیدروپراکسیدها و تولید کربونیل‌ها و ترکیبات فرار باشد.

در پژوهشی که به بررسی اثرات آنتی‌اکسیدانی اسانس گیاه چویل استخراج شده توسط ماکروویو بر ماندگاری روغن کنجد پرداخته شد، نتایج نشان داد که تمامی غلظت‌های اسانس گیاه چویل قادر به کاهش عدد پراکسید نمونه بوده‌اند و سرعت اکسیداسیون را از نظر تشکیل هیدروپراکسیدها به‌طور معنی‌داری ($p\leq۰/۰۵$) کاهش دادند. همچنین مشخص شد اسانس چویل در سطح ۰/۰۷۵ درصد تفاوت معنی‌داری ($p\leq۰/۰۵$) با نمونه شاهد و دیگر نمونه‌ها داشت و قدرت آنتی‌اکسیدانی بیشتری در پیشگیری از اکسیداسیون نوع اول و تشکیل هیدروپراکسیدها داشت (ماسوری، ۱۳۹۵). همتی (۱۳۹۶)، به بررسی تاثیر گیاه چویل بر پایداری اکسایشی روغن سویا در شرایط انبارش تسریع شده پرداخت. او گزارش کرد که تغییرات عدد پراکسید نمونه‌های روغن در تمامی دوره‌ها و تمامی نمونه‌ها تفاوت معنی‌داری ($p\leq۰/۰۵$) داشتند و بالاترین میزان پراکسید در نمونه شاهد بعد از گذشت ۲۴ روز نگهداری در شرایط تسریع شده مشاهده شد. علیزاده و همکاران (۲۰۱۹)در پژوهشی که اثرات توکوفرول، اسانس رزماری و عصاره گیاه چویل را بر پایداری اکسیداتیو سس مایونز طی زمان ماندگاری را مقایسه کردند، گزارش کردند که روند افزایشی عدد پراکسید مربوط به افزایش اکسیداسیون در دوره ذخیره‌سازی است. همچنین مشخص شد که عصاره گیاه چویل دارای اثر مهارکنندگی بر مقدار پراکسید است.

**جدول ۲- بررسی تغییرات پراکسید روغن سرخ کردنی بدون آنتی‌اکسیدان حاوی غلظت‌های مختلف عصاره چویل و مقایسه آن با نمونه شاهد طی ۳۰ روز نگهداری**

| نمونه | روز ۱ | روز ۱۵ | روز ۳۰ |
|---|---|---|---|
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان (شاهد) | ۲/۸۶۶±۰/۱۱۵$^{aC}$ | ۴/۶۶±۰/۱۱۵$^{aB}$ | ۵/۱۳۳±۰/۱۱۵$^{aA}$ |
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان + ۱۰۰۰ppmعصاره چویل | ۲/۶۶۶±۰/۱۱۵$^{abB}$ | ۳/۷۳۳±۰/۲۳۰$^{abA}$ | ۴/۰۶۶±۰/۱۱۵$^{bA}$ |
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان+۲۰۰۰ppm عصاره چویل | ۲/۴۶۶±۰/۱۱۵$^{bcB}$ | ۳/۴۶۶±۰/۱۱۵$^{bcA}$ | ۳/۶۰۰±۰/۲۰۰$^{cA}$ |
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان+۳۰۰۰ppm عصاره چویل | ۲/۲۶۶±۰/۱۱۵$^{cdB}$ | ۳/۲۶۶±۰/۱۱۵$^{cdA}$ | ۳/۰۶۶±۰/۱۱۵$^{dA}$ |
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان+٤٠٠٠ppm عصاره چویل | ۱/۸۰۰±۰/۰۰۰$^{eB}$ | ۲/۸۰۰±۰/۲۰۰$^{eA}$ | ۲/۸۰۰±۰/۲۰۰$^{dA}$ |
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان + ۱۰۰ ppmآنتی‌اکسیدان TBHQ | ۲/۱۳۳±۰/۱۱۵$^{dB}$ | ۲/۹۳۳±۰/۱۱۵$^{deA}$ | ۲/۷۳۳±۰/۲۳۰$^{dA}$ |

نتایج به صورت میانگین ± انحراف معیار نشان داده شده است

حروف متفاوت کوچک نشانگر اختلاف معنی‌دار در هرستون و حروف متفاوت بزرگ نشانگر اختلاف معنی‌دار در هر سطر می‌باشد.

**بررسی نتایج تغییرات اسیدیته**

عدد اسیدی میلی‌گرم هیدروکسید پتاسیم یا سدیم مورد نیاز جهت خنثی‌کردن اسیدهای چرب آزاد موجود در نمونه است. عدد اسیدی مقیاسی از تعداد گروه‌های کربوکسیلیک اسید موجود در اسیدهای چرب می باشد و برای تعیین کمی اسیدیته یک ماده به‌کار می‌رود (صفری، ۱۳۸۹). با توجه به نتایج جدول ۳ مشخص گردید که میزان اسیدیته در طی دوره نگهداری در تمامی تیمارها افزایش پیدا کرده است. در نتیجه فساد هیدرولیتیکی و اکسیداسیون روغن در طی دوره نگهداری، مولکول تری‌آسیل‌گلیسرول به گلیسرول و اسیدهای چرب آزاد تجزیه می‌شود و در نتیجه عدد اسیدی روغن افزایش می‌یابد (عربستانی و همکاران، ۱۳۹۲). همچنین در ادامه روند اکسیداسیون، با تبدیل اسیدهای چرب به کتون و آلدهیدها، عدد اسیدی در نمونه‌ها افزایش می‌یابد. افزودن عصاره چویل و افزایش غلظت آن باعث کاهش میزان عدد اسیدی در نمونه‌های حاوی عصاره چویل گردیده است، به‌طوری که کمترین میزان عدد اسیدی در نمونه حاوی بالاترین میزان عصاره چویل (۴۰۰۰ ppm) مشاهده گردید که اختلاف معنی‌داری ($p\leq۰/۰۵$) با نمونه شاهد (روغن بدون آنتی‌اکسیدان) داشت. عصاره چویل در غلظت ۴۰۰۰ ppm طی فرآیند

حرارتی بهتر از آنتی‌اکسیدان سنتتیک TBHQ در کنترل اکسایش عمل کرد. با افزودن عصاره چویل و افزایش غلظت آن در روغن می‌توانیم به حداقل مقدار اسید چرب آزاد در روغن پس از سرخ‌کردن چیپس دست یابیم که علت این امر را می‌توان به کم بودن میزان هیدرولیز در روغن‌ها در اثر افزودن آنتی‌اکسیدان ها نسبت داد. صادقی و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که افزودن اسانس گیاه چویل در روغن سویا برای تثبیت آن در زمان ذخیره‌سازی باعث کاهش اسیدیته و افزایش پایداری روغن گردید. در پژوهشی که به بررسی تاثیر گیاه چویل بر پایداری اکسایشی روغن سویا پرداخته شد، گزارش شد که بیشترین میزان اسیدیته در نمونه شاهد در روز ۲۴ نگهداری و کمترین میزان اسیدیته در نمونه حاوی ppm ۴۰۰ عصاره چویل مشاهده شد. با توجه به عدد اسیدیته نمونه‌ها مشخص شد که نمونه حاوی اسانس گیاه چویل تفاوت معنی‌داری با نمونه حاوی آنتی‌اکسیدان TBHQ نداشت و با توجه به اثرات مثبت استفاده از آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی، استفاده از اسانس گیاه چویل به‌عنوان آنتی‌اکسیدان مناسب‌تر است (همتی، ۱۳۹۶). علیزاده و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی که انجام دادند، گزارش کردند که افزودن عصاره چویل در سس مایونز، پایداری اکسیداتیو سس مایونز را در مقایسه با نمونه کنترل بهبود بخشید.

**جدول ۳- بررسی تغییرات اسیدیته روغن سرخ کردنی بدون آنتی‌اکسیدان حاوی غلظت‌های مختلف عصاره چویل و مقایسه آن با نمونه شاهد طی ۳۰ روز نگهداری**

| نمونه | روز ۱ | روز ۱۵ | روز ۳۰ |
|---|---|---|---|
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان (شاهد) | ۰/۰۹۹±۰/۰۰۳ aB | ۰/۱۱۴±۰/۰۰۳ aA | ۰/۱۲۲±۰/۰۰۳ aA |
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان + ۱۰۰۰ppm عصاره چویل | ۰/۰۸۴±۰/۰۰۵ bC | ۰/۱۰۵±۰/۰۰۳ bB | ۰/۱۱۶±۰/۰۰۳ abA |
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان+۲۰۰۰ppm عصاره چویل | ۰/۰۷۸±۰/۰۰۰ bcC | ۰/۰۹۹±۰/۰۰۳ bcB | ۰/۱۱۲±۰/۰۰۰ bcA |
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان+۳۰۰۰ppm عصاره چویل | ۰/۰۷۵±۰/۰۰۳ bcdC | ۰/۰۹۴±۰/۰۰۳ cdB | ۰/۱۱۰±۰/۰۰۳ bcdA |
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان+٤٠٠٠ppm عصاره چویل | ۰/۰۶۵±۰/۰۰۳ dC | ۰/۰۸۸±۰/۰۰۳ dB | ۰/۱۰۵±۰/۰۰۳ cdA |
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان+ ۱۰۰ ppm آنتی‌اکسیدان TBHQ | ۰/۰۷۱±۰/۰۰۳ cdC | ۰/۰۸۸±۰/۰۰۳ dB | ۰/۱۰۴۳±۰/۰۰۳ dA |

نتایج به صورت میانگین ± انحراف معیار نشان داده شده است.

حروف متفاوت کوچک نشانگر اختلاف معنی‌دار در هرستون و حروف متفاوت بزرگ نشانگر اختلاف معنی‌دار در هر سطر می‌باشد.

**بررسی نتایج تغییرات تیوباربیتوریک اسید**

عدد پراکسید به‌تنهایی مشخص‌کننده اکسیداسیون روغن نمی‌باشد، لذا عدد تیوباربیتوریک‌اسید نیز اندازه‌گیری می‌شود. برای تشخیص و اندازه‌گیری محصولات ثانویه حاصل از اکسیداسیون مانند آلدهیدها و کتون‌ها، آزمایش تیوباربیتوریک‌اسید انجام می‌شود. عدد تیوباربیتوریک‌اسید، مقدار مالون دی‌آلدهید موجود در ۱۰۰۰ گرم چربی است. در این آزمون میزان آلدهیدها در نتیجه واکنش تیوباربیتوریک‌اسید با مالون دی‌آلدهید مشخص می‌شود (Guillen-sans & Guzman-chozas, 2006).

با توجه به نتایج جدول ۴ مشخص گردید که عدد تیوباربیتوریک اسید در طی دوره نگهداری در تمامی تیمارها افزایش پیدا کرده‌است. تجزیه محصولات اولیه اکسیداسیون (هیدروپراکسیدها) به محصولات ثانویه (آلدهیدها و کتون‌ها) باعث افزایش مالون دی آلدهید و افزایش شاخص تیوباربیتوریک‌اسید در طی زمان نگهداری می‌شود (عیوقی و همکاران، ۱۳۸۸). افزودن عصاره چویل و افزایش غلظت آن باعث کاهش عدد تیوباربیتوریک‌اسید در نمونه‌های حاوی عصاره چویل گردیده است، به طوری که کمترین عدد تیوباربیتوریک‌اسید در نمونه حاوی بالاترین میزان عصاره چویل (ppm ۴۰۰۰) مشاهده گردید که اختلاف معنی‌داری ($p\leq۰/۰۵$) با نمونه شاهد (روغن بدون آنتی‌اکسیدان) داشت. عصاره چویل در غلظت ppm ۴۰۰۰ در مهار اکسایش و تشکیل مالون آلدهید بهتر از آنتی‌اکسیدان سنتتیک TBHQ عمل کرد. علت کاهش عدد تیوباربیتوریک اسید با افزودن عصاره چویل و افزایش غلظت آن در روغن می‌تواند مربوط به وجود ترکیبات فنلی در عصاره چویل و داشتن فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن‌ها باشد. در پژوهشی اثرات آنتی‌اکسیدانی اسانس گیاه چویل بر ماندگاری روغن کنجد مورد بررسی قرار گرفت و گزارش شد که اسانس گیاه چویل در تمامی غلظت‌ها قادر به کاهش عدد تیوباربیتوریک‌اسید به‌طور معنی‌داری ($p\leq۰/۰۵$) شد و سرعت تشکیل ترکیبات ثانویه اکسیداسیون را کاهش دادند. اسانس چویل در سطح غلظت ۰/۰۷۵ درصد دارای تفاوت معنی‌داری ($p\leq۰/۰۵$) با غلظت‌های دیگر از این اسانس بوده و از آن‌ها قوی‌تر است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که اسانس گیاه چویل می‌تواند به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان موثر در پیشگیری از تشکیل محصولات ثانویه اکسیداسیون به‌کار گرفته شود. نتایج حاصل شده با نتایج پژوهشگران دیگر مشابهت داشت (ماسوری، ۱۳۹۵).

**جدول ٤- بررسی تغییرات تیوباربیتوریک اسید روغن سرخ کردنی بدون آنتی‌اکسیدان حاوی غلظت‌های مختلف عصاره چویل و مقایسه آن با نمونه شاهد طی ۳۰ روز نگهداری**

| نمونه | روز ۱ | روز ۱۵ | روز ۳۰ |
|---|---|---|---|
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان (شاهد) | ۲/۷۸±۰/۰۰۷aC | ۳/۰۴۷±۰/۰۱۴aB | ۳/۱۸۱±۰/۰۰۷aA |
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان + ۱۰۰۰ppm عصاره چویل | ۲/۶۷۴±۰/۰۰۴bC | ۲/۸۵۲±۰/۰۱۱bB | ۲/۹۹۳±۰/۰۰۸bA |
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان+۲۰۰۰ppm عصاره چویل | ۲/۴۹۴±۰/۰۰۴cC | ۲/۶۶۲±۰/۰۱۴cB | ۲/۸۷۹±۰/۰۰۴cA |
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان+۳۰۰۰ppm عصاره چویل | ۲/۳۶۰±۰/۰۰۴dC | ۲/۵۷۵±۰/۰۰۸dB | ۲/۷۴۶±۰/۰۰۴dA |
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان+٤۰۰۰ppm عصاره چویل | ۱/۸۷۸±۰/۰۰۴fC | ۲/۳۸۷±۰/۰۰۷eB | ۲/۵۲۸±۰/۰۱۴eA |
| TBHQ۱۰۰آنتی‌اکسیدان +ppmروغن بدون آنتی‌اکسیدان | ۲/۳۳۳±۰/۰۰۴eC | ۲/۳۸۵±۰/۰۰۴eB | ۲/۴۸۴±۰/۰۱۲fA |

نتایج به صورت میانگین ± انحراف معیار نشان داده شده است.

حروف متفاوت کوچک نشانگر اختلاف معنی‌دار در هرستون و حروف متفاوت بزرگ نشانگر اختلاف معنی‌دار در هر سطر می‌باشد.

**بررسی نتایج تغییرات DPPH**

استفاده از رادیکال پایدار DPPH، روشی ارزان، سریع و آسان برای اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی ترکیبات مختلف است. با جذب مولی رادیکال DPPH در طول موج ۵۱۷ نانومتر، الکترون غیرپیوندی رادیکال DPPH با یک اتم هیدروژن در آنتی‌اکسیدان واکنش داده و رنگ محلول برحسب شدت مهار رادیکال، از بنفش به زرد تغییر می‌یابد.

**جدول۵- بررسی تغییرات DPPH روغن سرخ کردنی بدون آنتی‌اکسیدان حاوی غلظت‌های مختلف عصاره چویل و مقایسه آن با نمونه شاهد طی ۳۰ روز نگهداری**

| نمونه | روز ۱ | روز ۱۵ | روز ۳۰ |
|---|---|---|---|
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان (شاهد) | ۱۳/۱۲۸±۰/۰۷۸aB | ۱۳/۸۳۲±۰/۱۵۴aB | ۱۶/۴۰۹±۱/۴۳۶aA |
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان+ ۱۰۰۰ ppm عصاره چویل | ۱۲/۹۵۳±۰/۰۸۰abB | ۱۳/۵۴۰±۰/۰۰۷abB | ۱۵/۹۲۵±۱/۱۸۴abA |
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان+ ۲۰۰۰ ppm عصاره چویل | ۱۲/۷۵۵±۰/۱۱۰abB | ۱۳/۵۷۴±۰/۲۱۷abB | ۱۵/۳۵۶±۰/۹۱۴abA |
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان+ ۳۰۰۰ ppm عصاره چویل | ۱۲/۴۴۶±۰/۲۸۸bcB | ۱۳/۳۴۵±۰/۲۹۵abB | ۱۴/۹۳۰±۰/۷۷۶bA |
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان+ ٤۰۰۰ ppm عصاره چویل | ۱۲/۰۱۰±۰/۲۵۳cdC | ۱۳/۱۷۲±۰/۳۵۷abB | ۱۴/۵۸۹±۰/۷۷۸bA |
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان + ۱۰۰ ppm آنتی‌اکسیدان TBHQ | ۱۱/۳۵۶±۰/۴۱۴dC | ۱۲/۸۵۹±۰/۴۸۹bB | ۱۳/۹۸۹±۰/۴۴۲bA |

نتایج به صورت میانگین± انحراف معیار نشان داده شده است.

حروف متفاوت کوچک نشانگر اختلاف معنی‌دار در هرستون و حروف متفاوت بزرگ نشانگر اختلاف معنی‌دار در هر سطر می‌باشد.

با توجه به نتایج جدول ۵ مشخص گردید که میزان DPPH در طی دوره نگهداری در تمامی تیمارها افزایش پیدا کرده است. پایین‌ترین میزان DPPH در تیمار حاوی آنتی‌اکسیدان TBHQ مشاهده گردید که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری ($p\leq۰/۰۵$) با نمونه شاهد (روغن بدون آنتی‌اکسیدان) داشت. آنتی‌اکسیدان سنتتیک TBHQ با غلظت ۱۰۰ ppm فعالیت مهارکنندگی رادیکال بهتری نسبت به عصاره چویل در تمام غلظت‌ها داشت اما عصاره چویل در غلظت ۴۰۰۰ ppm قادر به رقابت با آنتی‌اکسیدان TBHQ بود. فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها وابسته به غلظت هستند به طوری که با افزایش غلظت عصاره چویل و افزایش ترکیبات فنلی و فلاوونوئیدی، به دلیل افزایش گروه‌های هیدروکسیل، احتمال اهدای هیدروژن به رادیکال آزاد و قدرت مهارکنندگی عصاره افزایش یافت. فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره چویل احتمالا به دلیل حضور ترکیبات فنلی می‌باشد که با داشتن ویژگی‌های احیاء کنندگی، باعث به دام انداختن رادیکال‌های آزاد، فلزات واسطه و حذف اکسیژن یگانه می‌شود (Khanahmadi & Janfeshan, 2006). Peng wong و همکاران (۲۰۰۶) فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی عصاره آبی گیاه چویل را بررسی کردند. آن‌ها گزارش کردند که گیاه چویل یک منبع غنی از آنتی‌اکسیدان شامل فنل‌ها و کاروتنوئیدها می‌باشد و توانایی بسیار بالایی برای حذف رادیکال‌های آزاد DPPH را دارد. Sharififar و همکاران (۲۰۰۷) اثر آنتی‌اکسیدانی اسانس و عصاره متانولی گیاه آویشن‌شیرازی را بررسی‌کردند و بر اساس این پژوهش مشخص گردید که قدرت آنتی‌اکسیدانی این گیاه به دلیل وجود ترکیباتی چون بتا- فلاندرن، آلفا- فلاندرن و تیمول بود. نتایج تحقیق حاضر با نتایج

این تحقیقات مشابهت داشت. Mollaei و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی به استخراج اسانس چویل توسط ماکروویو و به کمک تقطیر پرداختند، نتایج نشان داد که اسانس به دست‌آمده توسط ماکروویو و با کمک تقطیر، کمترین میزان $IC_{50}$ را دارد و این اسانس موثرتر از اسانس به‌دست آمده به روش تقطیر، در برابر دفع رادیکال آزاد DPPH است. اسانس استخراج شده توسط ماکروویو و با کمک تقطیر، دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری نسبت به روش تقطیر بود که عمدتا ناشی از عملکرد ترکیبات فنلی در این اسانس می‌باشد.

### بررسی نتایج تغییرات فنل کل

ترکیبات فنلی (فلاوونوئیدها، فنولیک اسیدها و آنتوسیانین‌ها و ...) که به‌عنوان آنتی‌اکسیدان‌های آبدوست شناخته شده‌اند، متابولیت‌های ثانویه‌ای هستند که در گیاهان به‌وفور وجود دارند. این ترکیبات با داشتن یک یا چند گروه هیدروکسیل قادر به خنثی‌کردن رادیکال‌های آزاد می‌باشد. ترکیبات فنلی از طریق اهداء الکترون به رادیکال‌های آزاد، واکنش‌های اکسایش چربی را مهار می‌کنند (Ahmadi *et al*., 2007). با توجه به نتایج جدول ۶ مشخص گردید که میزان فنل کل در طی دوره نگهداری در تمامی تیمارها کاهش پیدا کرده است. افزودن عصاره چویل و افزایش غلظت آن باعث افزایش میزان ترکیبات فنلی در نمونه‌های حاوی عصاره چویل گردیده است، به‌طوری که بیشترین میزان ترکیبات فنلی در نمونه حاوی بالاترین میزان عصاره چویل (۴۰۰۰ ppm) مشاهده گردید که اختلاف معنی‌داری ($p\leq۰/۰۵$) با نمونه شاهد (روغن بدون آنتی‌اکسیدان) داشت. عصاره چویل در غلظت ۴۰۰۰ ppm در مقایسه با آنتی‌اکسیدان TBHQ ، ترکیبات فنلی بیشتری را دارا بود و درنتیجه فعالیت آنتی-اکسیدانی بیشتری نسبت به TBHQ داشت. علت افزایش میزان ترکیبات فنلی با افزودن عصاره چویل و افزایش غلظت آن در روغن می‌تواند مربوط به حضور ترکیبات فنلی و کاروتنوئیدی در عصاره چویل باشد (همتی، ۱۳۹۶). ترکیبات فنلی دارای حلقه‌های آروماتیک دارای گروه‌های هیدروکسیل می‌باشند که با تشکیل رادیکال فنوکسیل می‌توانند رادیکال آزاد را خنثی کنند (Dudonne *et al*., 2009). Mollaei و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی که انجام دادند، گزارش کردند که محتوای فنل کل به‌دست آمده از اسانس چویل توسط استخراج با ماکروویو و به کمک تقطیر، بیشتر از اسانس به‌دست آمده با روش تقطیر است. این نتایج بیانگر این بود که روش استخراج اسانس با ماکروویو و به کمک تقطیر می‌تواند غلظت بالاتری از ترکیبات فنلی را در مقایسه با روش استخراج با تقطیر، بازیابی کند.

**جدول ٦- بررسی تغییرات فنل کل روغن سرخ کردنی بدون آنتی‌اکسیدان حاوی غلظت‌های مختلف عصاره چویل و مقایسه آن با نمونه شاهد طی ۳۰ روز نگهداری**

| نمونه | روز ۱ | روز ۱۵ | روز ۳۰ |
|---|---|---|---|
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان (شاهد) | ۴/۳۸۱±۰/۳۸۰$^{dA}$ | ۴/۰۴۷±۰/۷۱۴$^{cA}$ | ۳/۱۹۰±۱/۱۹۰$^{cA}$ |
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان + ۱۰۰۰ppmعصاره چویل | ۵/۷۱۴±۰/۳۸۱$^{cA}$ | ۵/۲۸۵±۰/۶۱۹$^{bcA}$ | ۴/۴۲۸±۱/۰۹۵$^{bcA}$ |
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان+۲۰۰۰ppm عصاره چویل | ۶/۳۳۳±۰/۳۳۳$^{bcA}$ | ۵/۸۰۹±۰/۴۷۶$^{abA}$ | ۴/۹۵۲±۰/۹۵۲$^{abcA}$ |
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان+۳۰۰۰ppm عصاره چویل | ۶/۸۵۷±۰/۱۹۰$^{aA}$ | ۶/۳۳۳±۰/۳۳۳$^{abA}$ | ۵/۹۰۴±۰/۵۷۱$^{abA}$ |
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان+٤۰۰۰ppm عصاره چویل | ۷/۳۸۱±۰/۰۴۷$^{aA}$ | ۶/۸۵۷±۰/۱۹۰$^{aAB}$ | ۶/۷۶۱±۱/۰۹۵$^{abB}$ |
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان+ ۱۰۰ ppm آنتی‌اکسیدان TBHQ | ۷/۲۸۵±۰/۰۴۷$^{aA}$ | ۶/۸۵۷±۰/۱۹۰$^{aB}$ | ۶/۴۲۸±۰/۴۲۸$^{aB}$ |

نتایج به صورت میانگین ± انحراف معیار نشان داده شده است.

حروف متفاوت کوچک نشانگر اختلاف معنی‌دار در هرستون و حروف متفاوت بزرگ نشانگر اختلاف معنی‌دار در هر سطر می‌باشد.

### بررسی نتایج تغییرات ارزیابی حسی

#### تغییرات بافت چیپس سرخ شده

با توجه به نتایج جدول ۷ مشخص گردید که امتیاز بافت چیپس سرخ‌شده طی ۳۰ روز نگهداری تغییر معنی‌داری پیدا نکرد ($p>۰/۰۵$) و امتیاز بافت بین تیمارها هم اثر معنی‌داری نداشت ($p>۰/۰۵$). به طوری که بین تیمار شاهد (روغن بدون آنتی‌اکسیدان) با سایر تیمارها در طی۳۰ روز نگهداری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$).

#### تغییرات رنگ چیپس سرخ شده

با توجه به نتایج جدول ۸ مشخص گردید که امتیاز رنگ چیپس در طی دوره نگهداری در تمامی تیمارها کاهش پیدا کرده است. کاهش امتیاز رنگ چیپس به علت رنگ نسبتا تیره‌تر که ناشی از ترکیبات عصاره چویل و ملانوئیدین‌های تیره رنگ حاصل‌از واکنش مایلارد است، می‌باشد. افزودن عصاره چویل در غلظت‌های پایین‌تر باعث افزایش امتیاز رنگ چیپس در نمونه‌های حاوی عصاره چویل گردیده است، به‌طوری که بیشترین امتیاز رنگ در تیمار شاهد و

تیمارهای حاوی ppm ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ عصاره چویل مشاهده گردید. در پژوهشی فعالیت آنتی‌اکسیدانی اسانس برگ مورد بر خواص فیزیکوشیمیایی چیپس سیب‌زمینی بررسی شد. نتایج نشان داد که در تیمارهای حاوی اسانس مورد، قهوه‌ای شدن حداکثر بوده است که علت آن شرکت ترکیبات احیاءکننده مانند محصولات حاصل از اکسیداسیون چربی‌ها (آلدهیدها) در واکنش قهوه ای شدن بود که در اثر این واکنش، ترکیبات رنگین به وجود آمده است (صداقت بروجنی و همکاران، ۱۳۹۳). جانی و همکاران (۱۳۹۶)، در پژوهشی که به بررسی اثرات افزودن عصاره گلرنگ در جلوگیری از اکسیداسیون چیپس سیب‌زمینی پرداختند، گزارش کردند که اثر افزودن عصاره گلرنگ و غلظت آن بر رنگ نمونه‌های چیپس در ارزیابی حسی معنی‌دار ($p>0/05$) بوده است. به نحوی که در تمامی تیمارها با افزایش غلظت عصاره گلرنگ، امتیاز رنگ افزایش یافت و باعث بهبود رنگ زرد چیپس سیب‌زمینی شد.

**جدول ۷- بررسی تغییرات امتیاز خواص بافت چیپس سرخ‌شده در روغن سرخ‌کردنی بدون آنتی‌اکسیدان حاوی غلظت‌های مختلف عصاره چویل و مقایسه آن با نمونه شاهد طی ۳۰ روز نگهداری**

| نمونه | روز ۱ | روز ۱۵ | روز ۳۰ |
|---|---|---|---|
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان (شاهد) | $۵/۰۰۰±۰/۰۰۰^{aA}$ | $۵/۰۰۰±۰/۰۰۰^{aA}$ | $۵/۰۰۰±۰/۰۰۰^{aA}$ |
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان + ppm۱۰۰۰عصاره چویل | $۵/۰۰۰±۰/۰۰۰^{aA}$ | $۵/۰۰۰±۰/۰۰۰^{aA}$ | $۵/۰۰۰±۰/۰۰۰^{aA}$ |
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان+ppm۲۰۰۰ عصاره چویل | $۵/۰۰۰±۰/۰۰۰^{aA}$ | $۵/۰۰۰±۰/۰۰۰^{aA}$ | $۵/۰۰۰±۰/۰۰۰^{aA}$ |
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان+ppm۳۰۰۰ عصاره چویل | $۵/۰۰۰±۰/۰۰۰^{aA}$ | $۵/۰۰۰±۰/۰۰۰^{aA}$ | $۵/۰۰۰±۰/۰۰۰^{aA}$ |
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان+ppm٤۰۰۰ عصاره چویل | $۵/۰۰۰±۰/۰۰۰^{aA}$ | $۵/۰۰۰±۰/۰۰۰^{aA}$ | $۵/۰۰۰±۰/۰۰۰^{aA}$ |
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان+ ppm ۱۰۰آنتی‌اکسیدان TBHQ | $۵/۰۰۰±۰/۰۰۰^{aA}$ | $۵/۰۰۰±۰/۰۰۰^{aA}$ | $۵/۰۰۰±۰/۰۰۰^{aA}$ |

نتایج به صورت میانگین± انحراف معیار نشان داده شده است.

حروف متفاوت کوچک نشانگر اختلاف معنی‌دار در هرستون و حروف متفاوت بزرگ نشانگر اختلاف معنی‌دار در هرسطر می‌باشد.

**جدول ۸- بررسی تغییرات امتیاز رنگ چیپس سرخ شده در روغن سرخ کردنی بدون آنتی‌اکسیدان حاوی غلظت‌های مختلف عصاره چویل و مقایسه آن با نمونه شاهد طی ۳۰ روز نگهداری**

| نمونه | روز ۱ | روز ۱۵ | روز ۳۰ |
|---|---|---|---|
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان (شاهد) | $۵/۰۰۰±۰/۰۰۰^{aA}$ | $۳/۲۵۵±۰/۱۹۰^{cB}$ | $۳/۱۱۵±۰/۲۳۳^{cB}$ |
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان + ppm۱۰۰۰عصاره چویل | $۵/۰۰۰±۰/۰۰۰^{aA}$ | $۵/۰۰۰±۰/۰۰۰^{aA}$ | $۵/۰۰۰±۰/۰۰۰^{aA}$ |
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان+ppm۲۰۰۰ عصاره چویل | $۵/۰۰۰±۰/۰۰۰^{aA}$ | $۵/۰۰۰±۰/۰۰۰^{aA}$ | $۵/۰۰۰±۰/۰۰۰^{aA}$ |
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان+ppm۳۰۰۰ عصاره چویل | $۵/۰۰۰±۰/۰۰۰^{aA}$ | $۵/۰۰۰±۰/۰۰۰^{aA}$ | $۴/۸۹۰±۰/۰۹۹^{aA}$ |
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان+ppm٤۰۰۰ عصاره چویل | $۴/۱۵۵±۰/۱۰۶^{bA}$ | $۴/۰۸۰±۰/۱۴۱^{bA}$ | $۳/۹۷۵±۰/۱۳۴^{bA}$ |
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان + ppm ۱۰۰ آنتی‌اکسیدان TBHQ | $۳/۵۸۵±۰/۱۹۰^{cA}$ | $۳/۳۳۵±۰/۲۶۱^{cA}$ | $۳/۲۶۵±۰/۲۰۵^{cA}$ |

نتایج به صورت میانگین± انحراف معیار نشان داده شده است.

حروف متفاوت کوچک نشانگر اختلاف معنی‌دار در هرستون و حروف متفاوت بزرگ نشانگر اختلاف معنی‌دار در هر سطر می‌باشد.

### تغییرات بو چیپس سرخ شده

با توجه به نتایج جدول ۹ مشخص گردید که امتیاز بو چیپس در طی دوره نگهداری در تمامی تیمارها کاهش پیدا کرده است. افزودن عصاره چویل در غلظت‌های پایین‌تر باعث افزایش امتیاز بو چیپس در نمونه‌های حاوی عصاره چویل گردیده است، به‌طوری که بیشترین امتیاز بو در تیمار شاهد و تیمارهای حاوی ppm ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ عصاره چویل مشاهده گردید. جانی و همکاران (۱۳۹۶)، در پژوهشی که به بررسی اثرات افزودن عصاره گلرنگ در جلوگیری از اکسیداسیون چیپس سیب زمینی پرداختند، گزارش کردند که طی مدت زمان نگهداری، از امتیاز بو طی ارزیابی حسی نمونه‌ها کاسته شد و یا در مواردی ثابت باقی ماند. همچنین اثر روش افزودن عصاره گلرنگ در نمونه‌ها بر شاخص بو معنی‌دار ($p\leq0/05$) بود. با افزودن عصاره گلرنگ به نمونه‌های چیپس سیب‌زمینی، به دلیل توانایی آنتی‌اکسیدانی رنگدانه‌های آن، مانع از بروز فساد در روغن نمونه‌ها و جلوگیری از ایجاد بوی تندی (رنسیدیتی) در چیپس شد.

جدول ۹- بررسی تغییرات امتیاز بو چیپس سرخ شده در روغن سرخ کردنی بدون آنتی‌اکسیدان حاوی غلظت‌های مختلف عصاره چویل و مقایسه آن با نمونه شاهد طی ۳۰ روز نگهداری

| نمونه | روز ۱ | روز ۱۵ | روز ۳۰ |
|---|---|---|---|
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان (شاهد) | ۵/۰۰۰±۰/۰۰۰aA | ۳/۷۰۰±۰/۲۲۶cB | ۳/۱۹۵±۰/۰۷۷cB |
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان + ۱۰۰۰ppm عصاره چویل | ۵/۰۰۰±۰/۰۰۰aA | ۵/۰۰۰±۰/۰۰۰aA | ۵/۰۰۰±۰/۰۰۰aA |
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان+۲۰۰۰ppm عصاره چویل | ۵/۰۰۰±۰/۰۰۰aA | ۵/۰۰۰±۰/۰۰۰aA | ۵/۰۰۰±۰/۰۰۰aA |
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان+۳۰۰۰ppm عصاره چویل | ۵/۰۰۰±۰/۰۰۰aA | ۵/۰۰۰±۰/۰۰۰aA | ۴/۹۳۰±۰/۰۹۹aA |
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان+۴۰۰۰ppm عصاره چویل | ۴/۷۱۵±۰/۲۰۵aA | ۴/۵۹۰±۰/۲۹۷abA | ۴/۵۵۵±۰/۲۸۹abA |
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان+ ۱۰۰ ppm آنتی‌اکسیدان TBHQ | ۴/۲۲۰±۰/۱۸۳bA | ۴/۰۷۵±۰/۲۴۷bcA | ۴/۰۲۰±۰/۲۵۴bA |

نتایج به صورت میانگین± انحراف معیار نشان داده شده است.

حروف متفاوت کوچک نشانگر اختلاف معنی‌دار در هرستون و حروف متفاوت بزرگ نشانگر اختلاف معنی‌دار در هر سطر می‌باشد.

### تغییرات مزه چیپس سرخ شده

با توجه به نتایج جدول ۱۰ مشخص گردید که امتیاز مزه چیپس در طی دوره نگهداری در تمامی تیمارها کاهش پیدا کرده است. با افزایش زمان نگهداری، مقاومت به اکسیداسیون کاهش و مقدار ترکیبات با عوامل کربونیل و طعم‌های تلخ و تند در روغن افزایش یافت. افزودن عصاره چویل در غلظت‌های پایین‌تر باعث افزایش امتیاز مزه چیپس در نمونه‌های حاوی عصاره چویل گردیده است، به طوری که بیشترین امتیاز مزه در تیمار شاهد و تیمارهای حاوی ۱۰۰۰ppm، ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ عصاره چویل مشاهده گردید. در طی فرآیند سرخ کردن و با افزایش زمان، رتبه ارزیابی حسی برای تمامی تیمارها کاهش می‌یابد. علت این امر پیشروی اکسیداسیون و تشکیل مواد مولد طعم نامطلوب است که بر ویژگی‌های حسی محصول اثر منفی دارد. رتبه ارزیابی حسی در تیمار دارای عصاره چویل با غلظت بالا به علت طعم نسبتا تلخ متعلق به اثر ترکیبات خود عصاره بر ویژگی‌های حسی بود (علیزاده و همکاران، ۱۳۹۲). روستا (۱۳۹۰)، در تحقیقی که خاصیت آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی گیاه چویل را بر استارترهای دوغ مورد بررسی قرار داد، گزارش کرد که مزه نمونه دوغ حاوی ۲ گرم در لیتر چویل بیشتر از سایر نمونه‌ها مورد پسند ارزیابان حسی قرار گرفت. درواقع خواص عطر و طعم‌دهندگی گیاه کاملا قابل توجه بوده به‌طوری که غلظت‌های کم گیاه چویل توانسته مورد پسند واقع شود.

جدول ۱۰- بررسی تغییرات مزه روغن سرخ کردنی بدون آنتی‌اکسیدان حاوی غلظت‌های مختلف عصاره چویل و مقایسه آن با نمونه شاهد طی ۳۰ روز نگهداری

| نمونه | روز ۱ | روز ۱۵ | روز ۳۰ |
|---|---|---|---|
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان (شاهد) | ۵/۰۰۰±۰/۰۰۰aA | ۴/۲۰۰±۰/۱۱۳bB | ۳/۳۸۰±۰/۲۲۶cC |
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان + ۱۰۰۰ppm عصاره چویل | ۵/۰۰۰±۰/۰۰۰aA | ۵/۰۰۰±۰/۰۰۰aA | ۵/۰۰۰±۰/۰۰۰aA |
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان+۲۰۰۰ppm عصاره چویل | ۵/۰۰۰±۰/۰۰۰aA | ۵/۰۰۰±۰/۰۰۰aA | ۵/۰۰۰±۰/۰۰۰aA |
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان+۳۰۰۰ppm عصاره چویل | ۵/۰۰۰±۰/۰۰۰aA | ۵/۰۰۰±۰/۰۰۰aA | ۴/۹۵۰±۰/۰۷۰aA |
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان+۴۰۰۰ppm عصاره چویل | ۴/۲۲۵±۰/۱۴۸bA | ۴/۱۸۵±۰/۲۳۳bA | ۴/۱۵۰±۰/۱۸۳bA |
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان+ ۱۰۰ ppmآنتی‌اکسیدان TBHQ | ۳/۷۲۵±۰/۲۰۵cA | ۳/۶۱۵±۰/۱۹۰cA | ۳/۵۲۰±۰/۱۵۵cA |

نتایج به صورت میانگین± انحراف معیار نشان داده شده است.

حروف متفاوت کوچک نشانگر اختلاف معنی‌دار در هرستون و حروف متفاوت بزرگ نشانگر اختلاف معنی‌دار در هر سطر می‌باشد.

### تغییرات پذیرش کلی چیپس سرخ شده

با توجه به نتایج جدول ۱۱ مشخص گردید که امتیاز پذیرش کلی چیپس در طی دوره نگهداری در تمامی تیمارها کاهش پیدا کرده است. افزودن عصاره چویل در غلظت‌های پایین‌تر باعث افزایش امتیاز پذیرش‌کلی چیپس در نمونه‌های حاوی عصاره چویل گردیده است، به طوری که بیشترین امتیاز پذیرش کلی در تیمار شاهد و تیمارهای حاوی ppm ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ عصاره چویل مشاهده گردید. ماسوری (۱۳۹۵) در پژوهشی اثرات آنتی‌اکسیدانی اسانس گیاه چویل بر ماندگاری روغن کنجد را مورد بررسی قرار داد و گزارش کرد که امتیاز پذیرش‌کلی تیمار حاوی ۰/۰۷۵ درصد اسانس چویل دارای اختلاف معنی‌داری (p≤۰/۰۵) با تیمارهای دیگر و تیمار شاهد بود و پذیرش کلی روغن تا حدودی تحت تاثیر قرار گرفت. همچنین

گزارش کرد که همه نمونه‌ها بعد از ۱۶ روز نگهداری به لحاظ پذیرش کلی، کاهش کیفیت داشتند بطوریکه بعد از ۱۶ روز نگهداری، نمونه حاوی ۰/۰۵ درصد اسانس دارای بیشترین امتیاز پذیرش‌کلی بود. Rehman و همکاران (۲۰۰۳) طبق نتایجی که از بررسی خاصیت آنتی‌اکسیدانی عصاره پوسته بادام‌زمینی در چیپس سیب‌زمینی به‌دست‌آوردند، نشان دادند که در ارزیابی حسی، نمونه‌های حاوی عصاره پوسته بادام‌زمینی از نظر پذیرش کلی امتیاز بالاتری نسبت به تیمار شاهد کسب کردند.

**جدول ۱۱- بررسی تغییرات امتیاز پذیرش‌کلی چیپس سرخ شده در روغن سرخ کردنی بدون آنتی‌اکسیدان حاوی غلظت‌های مختلف عصاره چویل و مقایسه آن با نمونه شاهد طی ۳۰ روز نگهداری**

| نمونه | روز ۱ | روز ۱۵ | روز ۳۰ |
|---|---|---|---|
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان (شاهد) | ۵/۰۰۰±۰/۰۰۰ aA | ۳/۹۹۰±۰/۲۵۴ bB | ۳/۰۶۰±۰/۱۵۵ dc |
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان + ۱۰۰۰ppm عصاره چویل | ۵/۰۰۰±۰/۰۰۰ aA | ۵/۰۰۰±۰/۰۰۰ aA | ۵/۰۰۰±۰/۰۰۰ aA |
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان+۲۰۰۰ppm عصاره چویل | ۵/۰۰۰±۰/۰۰۰ aA | ۵/۰۰۰±۰/۰۰۰ aA | ۵/۰۰۰±۰/۰۰۰ aA |
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان+۳۰۰۰ppm عصاره چویل | ۵/۰۰۰±۰/۰۰۰ aA | ۵/۰۰۰±۰/۰۰۰ aA | ۴/۹۴۰±۰/۰۸۴ aA |
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان+٤۰۰۰ppm عصاره چویل | ۴/۴۱۵±۰/۲۴۷ abA | ۴/۲۶۰±۰/۱۶۹ bA | ۴/۱۶۰±۰/۱۶۹ bA |
| روغن بدون آنتی‌اکسیدان+ ۱۰۰ ppm آنتی‌اکسیدان TBHQ | ۳/۹۶۵±۰/۲۶۱ bA | ۳/۷۰۵±۰/۲۱۹ bA | ۳/۶۲۵±۰/۱۶۲ cA |

نتایج به صورت میانگین± انحراف معیار نشان داده شده است.

حروف متفاوت کوچک نشانگر اختلاف معنی‌دار در هرستون و حروف متفاوت بزرگ نشانگر اختلاف معنی‌دار در هر سطر می‌باشد.

## نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف بررسی اثر آنتی‌اکسیدانی عصاره گیاه چویل بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی چیپس سیب‌زمینی و روغن حاصل از آن طی زمان ماندگاری انجام شد. مطابق با نتایج حاصله، بالاترین و پایین‌ترین میزان اسیدیته، پراکسید و تیوباربیتوریک اسید به ترتیب به تیمار شاهد (روغن بدون آنتی‌اکسیدان) و تیمار حاوی ۴۰۰۰ ppm عصاره چویل تعلق گرفت. بررسی ترکیبات فنلی نشان داد که با استفاده از عصاره گیاه چویل و افزایش غلظت آن، خواص آنتی‌اکسیدانی افزایش یافته و بالاترین خاصیت آنتی‌اکسیدانی متعلق به تیمار حاوی عصاره چویل با غلظت ۴۰۰۰ ppm بود که حاوی ترکیبات فنلی بالاتری بوده است. نتایج ارزیابی حسی نشان داد با افزایش عصاره چویل تا ۲۰۰۰ ppm در روغن مصرفی برای سرخ کردن کردن چیپس امتیاز ارزیابی حسی نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت. نتایج نشان داد چیپس سرخ شده در روغن حاوی ۲۰۰۰ ppm عصاره چویل به عنوان تیمار بهینه از نظر بالاترین امتیاز ارزیابی حسی انتخاب شد. نتایج نشان داد عصاره گیاه چویل می‌تواند جایگزین مناسبی برای آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی در روغن‌های سرخ کردنی برای تاخیر در اکسایش، روغن سرخ‌کردنی باشد بطوریکه علاوه بر خواص آنتی‌اکسیدانی می‌تواند باعث ایجاد خواص حسی مطلوب در موادغذایی که در آن سرخ می‌شوند، گردد و خطر ناشی از مصرف آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی در این موادغذایی را کاهش دهد.

## منابع


سازمان ملی استاندارد ایران، ۱۳۹۲ . آبمیوه لیموترش- ویژگی‌ها. استاندارد ملی شماره۱۱۷

سازمان ملی استاندارد ایران ، ۱۳۹۵ . اندازه‌گیری عدد اسیدی و اسیدیته. استاندارد ملی شماره ۴۱۷۸

سازمان ملی استاندارد ایران ، ۱۳۹۶. روغن‌ها و چربی‌های خوراکی- اندازه‌گیری مقدار پراکسید به روش یدومتری- تعیین نقطه پایانی به روش چشمی. استاندارد ملی شماره ۴۱۷۹

دلوی، م.، دارایی، ت.، آقاجانی، ن.، دانش پور، گ.، حسینیان، م .و محمدی، ن.۱۳۹۱. تاثیر بلانچینگ و خیساندن در محلول‌های اسمزی بر جذب روغن و ارزیابی حسی چیپس سیب زمینی تولیدی . علوم غذایی و تغذیه سال نهم، شماره ۴، ۷۶-۶۷

صداقت بروجنی، ل.، حجت الاسلامی، م.، کرامت، ج.، قاسمی پیربلوطی، ع. ۱۳۹۳. مقایسه فعالیت آنتی‌اکسیدانی اسانس برگ مورد ( *Myrtus communis*) و آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی بر خواص فیزیکوشیمیایی چیپس سیب زمینی و روغن حاصل از آن طی زمان ماندگاری. نشریه نوآوری در علوم و فناوری غذایی، جلد۶، شماره ۴، ۷۴-۶۷

صفری، م. ۱۳۸۹. تکنولوژی روغن و چربی‌های خوراکی. تهران: انتشارات دانشگاه تهران

طباطبائی یزدی، ف.، علیزاده بهبهانی، ب.، حیدری سورشجانی، م. ۱۳۹۳. مقایسه اثر ضدمیکروبی عصاره گیاه چویل (*Ferulago angulata*) با انواع آنتی‌بیوتیکهای رایج درمانی در شرایط آزمایشگاهی. مجله دانشگاه علوم پزشکی اراک، جلد ۱۷، شماره ۳، ۴۶-۳۵.

عربستانی، ا.، کدیور، م.، شاهدی، م.، گلی، ا. ۱۳۹۲. بررسی برخی خصوصیات ساختاری و فعالیت آنتی‌اکسیدانی فیلم پروتئینی دانه گاودانه و تاثیر آن بر شاخص‌های اکسیداسیون روغن آفتابگردان، فصلنامه علوم و فناوری‌های نوین غذایی، دوره اول، شماره ۲، ۱۴-۳.

عیوقی، ف.، برزگر، م.، سحری، م.، نقدی بادی، ح. ۱۳۸۸. بررسی فعالیت آنتی‌اکسیدانی اسانس شوید (*Anethum graveolens*) در روغن سویا و مقایسه آن با آنتی‌اکسیدان‌های شیمیایی. فصلنامه گیاهان دارویی، سال هشتم، دوره دوم، شماره مسلسل سی ام، ۸۳-۷۱.

ماسوری، ب. ۱۳۹۵. اثرات آنتی‌اکسیدانی اسانس گیاه چویل استخراج شده به روش ماکروویو بر ماندگاری روغن کنجد. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرقدس.

مظفریان، و . ۱۳۷۹. رده بندی گیاهی، تهران: انتشارات امیر کبیر.

مهران، م. ۱۳۵۵ . آزمایش روغن . تالیف واکس . تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

همتی، ع. ۱۳۹۶. بررسی مقایسه‌ای تاثیر روش‌های خشک کردن بر خصوصیات کمی و کیفی اسانس اندام هوایی گیاه چویل و ارزیابی تاثیر آن بر پایداری اکسایشی روغن سویا در شرایط انبارش تسریع شده. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه زنجان.

Alizadeh, L., Abdolmaleki, K., Nayebzadeh, K., Shahin, R. 2019. Effects of tocopherol, rosemary essential oil and *Ferulago angulata* extract on oxidative stability of mayonnaise during its shelf life: A comparative study. *Food Chemistry*, 285, 46-52.

Ahmadi, F., Kadivar, M., Shahedi, M. 2007. Antioxidant activity of kelussia odoratissima moza, in model and food systems. *Food Chemistry*, 105, 57-64.

Burits, M., Bucar, F. 2000. Antioxidant activity of *Nigella sativa* essential oil. *Phytotheraphy Research*, 14, 323-328.

Dudonne, S., Vitrac, X., Coutiere, P., Woillez, M., Merillon, J. 2009. Comparative study of antioxidant properties and total phenolic content of 30 plant extracts of industrial interest using DPPH, ABTS, FRAP, SOD, and ORAC assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(5), 1768–1774.

Frankel, E. N. 1991. Recent advances in lipid oxidation. A review, *Journal of the Science of Food and Agriculture,* 54, 495 – 511.

Guillen-Sans, R., Guzman-Chozas, M. 2006. The thiobarbituric acid (TBA) reaction in foods. *Critical review of food science and nutrition*, 38, 315-330.

Karakaya, S., Simsek, S. 2011. Changes in total polar compounds, peroxide value, total phenols and antioxidant activity of various oils used in deep fat frying. *Journal of the American Oil Chemists society*,88(9), 1361–1366.

Khanahmadi, M., Janfeshan, K. 2006. Study on antioxidation property of *Ferulago angulata* plant. *Asian Journal of Plant Sciences*, 5(3), 521-526.

Manral, M., Pandey, M.C., Jayathilkan, K., Radhakrishna, K., Bawa, A.s. 2008. Effect of fish (*Catla catla*) frying on the quality characteristics of sunflower oil. *Food Chemistry*, 106(2), 634-639.

Mollaei. S., Sedighi. F., Habibi. B., Hazrati. S., Asgharian. P. 2019. Extraction of essential oils of *Ferulago angulata* with microwave-assisted hydrodistillation. *Industrial crops and products*, 43-51.

O'Brien, R. D. 2004. Fats and oils: Formulating and processing for applications, *CRC Press*

Pedreschi, F., Moyano, P., Santis, N., Pedreschi, R. 2007. Physical properties of pre-treated potato chips. *Journal of food engineering*, 79: 1474-1482.

Pokorny, J., Yanishlieva, N., Gordon, M. 2001. Antioxidants in food practical applications, Cambridge: woodhead publishing Ltd.

Sadeghi, E., Mahtabani, A., Etminan, A., Karami, F. 2016. Stabilization of soybean oil during accelerated storage by essential oil of *ferulago angulata* boiss. *Journl of food science and technology*, 53(2): 1199-1204.

Sanchez-Moreno, C., Larrauri, J., Saura-Calixto, F. 1997. Free radical scavenging capacity and inhibition of lipid oxidation of wines, grape juices and related polyphenolic constituents. Food research international, 32, 407-412.

Thomas, M. J. 2000. The role of free radicals antioxidants. *American Journal of clinical Nutrition*, 16, 716-7240.

Iranian Food Science and Technology
Research Journal
Vol. 17, No. 4, Oct- Nov 2021, p. 659-672

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۷، شماره ۴، مهر- آبان ۱۴۰۰، ص. ۶۷۲-۶۵۹

# Evaluation of antioxidant effect of *Ferulago angulata* extract on physicochemical and sensory properties of potato chips and its oil during the shelf life

A. Irankhah[1], L. Nateghi*[2], S. Asadollahi[3]

Accepted: 2020.09.26
Received: 2020.11.11

**Introduction:** Currently, synthetic antioxidants are used to reduce the oxidation of oils and fatty foods and to prevent the reduction of the nutritional value and sensory properties of edible oils. Due to the adverse effects of synthetic antioxidants, the use of natural antioxidants seems essential. *Ferulago angulata* extract is a natural source of antioxidants that, in addition to enhancing flavor, help extend the shelf life of the product. The aim of this study was to investigate the antioxidant effect of Ferulago angulata extract on the physicochemical and sensory characteristics of potato- chips and the resulting oil during shelf life. *Ferulago angulata* plant was purchased from the local market of Sarpol-e-Zahab city in Kermanshah province and was extracted using 96% ethanol soaking and solvent by distillation machine. The thin sheets of potatoes were fried in oils containing 1000, 2000, 3000 and 4000 ppm of chamomile extract and the oil containing 100 ppm of synthetic antioxidant TBHQ at 190°C for 9 minutes. The ability to inhibit DPPH free radicals, total phenolic compounds, and sensory evaluation on potato chips and peroxide, acidity, and thiobarbituric acid tests on oil from frying potato chips over time 1, 15 and 30 days of storage were evaluated. The results showed that the use of *Ferulago angulata* extract increased antioxidant power in inhibiting DPPH free radicals and total phenolic compounds and reduced the amount of peroxide, acidity and thiobarbituric acid, so that the lowest amount of peroxide, acidity. And thiobarbituric acid and the highest amount of total phenolic compounds related to treatment containing 4000 ppm of *Ferulago angulata* extract. A treatment containing 4000 ppm of chamomile extract has the highest resistance to oxidative spoilage and can be compared to synthetic antioxidant TBHQ. The results of this study showed that using *Ferulago angulata* extract with a concentration of 2000 ppm, a potato chips with desirable organoleptic properties can be obtained and used as a suitable alternative to synthetic antioxidants such as TBHQ in food and oil oxidation.

**Materials and Methods:** *Ferulago angulata* plant was purchased from the local market of Sarpol-e Zahab city in Kermanshah province. Then, by Herbarium of Medicinal Plants, Faculty of Pharmacy, University of Tehran, its scientific name was confirmed as Boiss (Schlechat) Ferulago angulata, belonging to the Apiaceae family. 96% ethanol soaking and solvent were used for extraction. For this purpose, 100 grams of powdered leaves of *Ferulago angulata* plant were carefully weighed by a digital scale balance. Then, to prepare ethanolic extract, 500 ml of 96% ethanol was added to the Erlenmeyer flask. For 72 hours, the flask was placed at room temperature on a 1500 rpm magnetic shaker to fully extract the *Ferulago angulata* t. The solvent mixture and the plant were then separated by filter paper. Then squeeze the pulp until it is completely emptied and finally the initial extract is obtained. The initial extract was centrifuged for 10 min at 3000 rpm. The resulting extract was then poured into a vacuum distiller (rotary) and heated to 80 °C for one hour to evaporate the solvent from the extract. The concentrated extract contained 4.0623 mg of gallic acid per gram, total phenol and $IC_{50}$. *Ferulago angulata* extract in concentrations of 1000, 2000, 3000 and 4000 ppm and TBHQ synthetic antioxidant with a concentration of 100 ppm in frying oil (a mixture of super olein, soybean and sunflower oils) without antioxidants in dark color glass was added and a sample of oil without antioxidants was prepared. Variegated potatoes are washed, peeled and then cut into thin slices using a slicer and immersed in water until fried. Immediately after the dewatering, the potato slices were transferred to a frying pan containing a variety of oils and fried for 9 minutes at 190 °C. The fried sheets were then cooled to room temperature. The frying oil was kept in a 20 °C oven. Then, at 1, 15 and 30 days after storage of frying oil in a 20 °C oven, t the acid number, peroxide and thiobarbituric acid on the oil from frying the potato chips were determined. Sensory and phenolic compounds and DPPH were performed on potato chips. Data analysis was performed using Minitab-16 software and ANOVA.

**Results and Discussion:** The aim of this research was to investigate the antioxidant effect of *Ferulago angulata* extract on the physicochemical and sensory properties of potato chips and the resulting oil during its shelf life. According to the results, the highest and lowest levels of acidity, peroxide and thiobarbituric acid were assigned to the control treatment (synthetic anti-oxidant oil) and the treatment containing 4000 ppm of *Ferulago angulata* extract, respectively. Examination of phenolic compounds showed that by using *Ferulago angulata* extract and increasing its

1, 2 and 3. MSc Student, Associate Professor and Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Varamin-pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran
(*Corresponding author e-mail: leylanateghi@yahoo.com)

concentration, antioxidant properties increased and the highest antioxidant property was belonged to the treatment containing 4000 ppm of *Ferulago angulata* extract, which contained higher phenolic compounds. The results of sensory evaluation showed that the highest score of sensory properties was given to the control treatment and treatments containing 1000 and 2000 ppm of *Ferulago angulata* extract. As can be seen, antioxidant properties and polyphenolic compounds had the opposite effect on sensory scores. The fried chips in oil containing 2000 ppm of *Ferulago angulata* extract were selected as the optimal treatment in terms of the highest score of sensory evaluation. The results showed that the extract of *Ferulago angulata* plant could be a good alternative to synthetic antioxidants in frying oils to delay the oxidation of frying oil, and in addition to its antioxidant properties, it can create desirable sensory properties in fried foods and reduce the risk of consuming these foods.

**Keywords:** *Ferulago angulata* extract, potato chips, Oxidation of fat, Antioxidant